

Studi Faktor Penentu Akresi dan Abrasi Pantai Akibat Gelombang Laut di Perairan Pesisir Sungai Duri

Ghesta Nuari Wiratama^a, Muh. Ishak Jumarang^{a*}, Muliadi^a

^aProdi Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura, FMIPA Universitas Tanjungpura

*Email : Ishakjumarang@physics.untan.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan penelitian untuk mengkaji perubahan garis pantai akibat gelombang laut di perairan pesisir Sungai Duri. Parameter yang dihitung adalah tinggi gelombang signifikan, arah datang gelombang dan faktor penentu perubahan garis pantai. Perhitungan yang digunakan adalah metode Wilson untuk menghasilkan tinggi dan periode gelombang sedangkan perhitungan faktor akresi dan abrasi menggunakan perhitungan yang dikemukakan oleh Horikawa. Tinggi gelombang, arah datang gelombang dan nilai faktor akresi dan abrasi tersebut dianalisis rata-rata tahunan setiap musim dari tahun 2003 s.d tahun 2016. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi gelombang signifikan berkisar antara 0,04 m s.d 0,5 m, tinggi gelombang terendah berada pada tahun 2012 pada musim peralihan II dan tinggi gelombang tertinggi berada pada tahun 2004 pada musim timur. Pada musim barat gelombang dominan datang dari arah timur, pada musim peralihan I gelombang dominan datang dari arah timur laut, pada musim timur gelombang dominan datang dari arah barat daya dan pada musim peralihan II gelombang dominan datang dari arah barat daya. Hasil perhitungan di lokasi yang sama menunjukkan bahwa pada tahun 2003 mengalami akresi dan pada tahun 2004 hingga 2016 pantai mengalami keseimbangan perubahan garis pantai karena diakibatkan oleh gelombang laut.

Kata Kunci : *Tinggi Gelombang, Arah Datang Gelombang, Akresi, Abrasi*

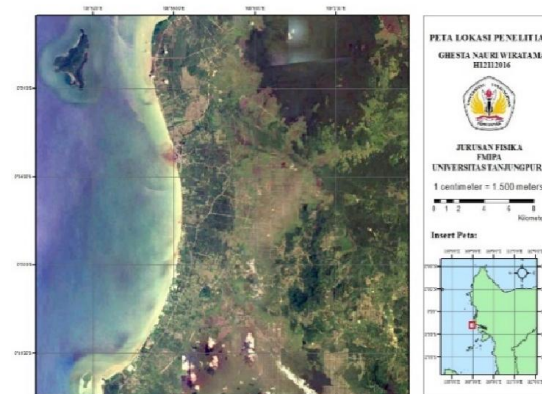
1. Latar Belakang

Secara geografis kawasan perairan Sungai Duri termasuk ke dalam wilayah desa di kecamatan Sungai Raya, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat. Berdasarkan pengamatan setidaknya terdapat 193 km daerah di bagian pesisir utara Kalimantan Barat yang terkena dampak perubahan garis pantai [1]. Daerah pesisir merupakan daerah pertemuan antara darat, laut dan udara dimana terjadi interaksi antara air, angin, dan material penyusun yang ada di dalamnya. Hal ini yang dapat menyebabkan daerah pesisir Sungai Duri rentan terhadap perubahan garis pantai, karena diakibatkan oleh gelombang yang dibangkitkan oleh gerakan angin dan gelombang tersebut mengangkut sedimen yang ada di pantai.

Penelitian sebelumnya mengemukakan bahwa material pasir, lanau dan lempung merupakan jenis sedimen yang terkandung di kawasan perairan Sungai Duri [2]. Sementara penelitian yang lain juga telah mengkaji energi gelombang dengan menggunakan metode Wilson untuk melihat aktivasi gelombang yang ada di daerah pesisir Kalimantan Barat [3]. Penelitian ini melanjutkan penelitian sebelumnya untuk mengkaji pengaruh tinggi gelombang laut signifikan terhadap perubahan garis pantai di kawasan pesisir Sungai Duri, Kalimantan Barat.

2. Metodologi

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian [4]

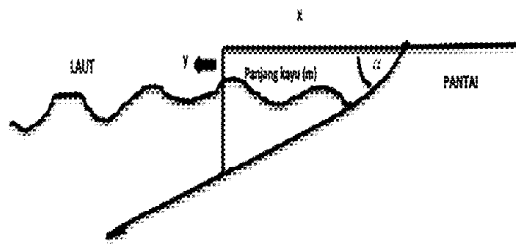
Penelitian ini dilakukan di kawasan Perairan Pesisir Sungai Duri, Kecamatan Sungai Raya, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat dengan koordinat $108^{\circ}52'00.02''\text{BT}$ s.d $108^{\circ}55'35.45''\text{BT}$ dan $0^{\circ}34'58.13''\text{LU}$ s.d $0^{\circ}36'52.85''\text{LU}$. Pengambilan data primer dilaksanakan pada tanggal 12 November 2016.

2.2 Data

Data yang digunakan adalah data angin selama tiga belas tahun terakhir (2003 s.d 2016) untuk memprediksi tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang yang terbentuk untuk menentukan energi gelombang. Data primer berupa data kemiringan pantai dan data

sekunder berupa data sedimen dan data tegangan angin.

2.2.1 Data Primer



Gambar 2. Pengukuran Kemiringan Pantai [5].

1

(1)

dengan;

α = Sudut yang dibentuk ($^{\circ}$)

Y = Jarak garis tegak lurus horizontal (m)

X = Panjang kayu vertikal (m)

2.2.2 Data Sekunder

Data sampel sedimen yang digunakan adalah diameter jenis sedimen D_{50} . Dimana, sampel sedimen ini diambil dari penelitian yang sebelumnya. Berdasarkan penelitian lapangan diperoleh ukuran sedimennya adalah 0,3375 mm dan jenis sedimennya adalah pasir [2].

Penelitian ini juga menggunakan data angin yang diunduh dari website www.apps.ecmwf.int/datasets. Data angin yang digunakan pada penelitian ini yaitu data angin bulanan dengan ketinggian 10 meter di atas permukaan laut dari tahun 2003 s.d 2016.

2.3 Pengolahan Data

2.3.1 Koreksi Data Angin

Perhitungan dari data angin akan memperoleh kecepatan angin dan tegangan angin dengan persamaan di bawah ini:

$$U_A = 0,71 \times U^{1,23} \quad (2)$$

dengan;

U_A = tegangan angin (m/s)

U = kecepatan angin (m/s)

$$F_{eff} = \frac{\sum_{i=1}^k F_i \cos \alpha_i}{\sum_{i=1}^k \cos \alpha_i} \quad (3)$$

dengan;

F_i = panjang fetch ke-i (m)

α_i = sudut pengukuran fetch ke-i ($^{\circ}$)

i = nomor pengukuran fetch

k = jumlah pengukuran fetch

$$H_s = \frac{0,3}{g} \left[1 - \left\{ 1 + 0,004 \left(\frac{g F}{U^2} \right)^{\frac{1}{2}} \right\}^{-2} \right] U^2 \quad (4)$$

$$T_s = 6,23 \times 10^{-3} (U_A F)^{1/3} \quad (5)$$

dengan :

U = Kecepatan angin (m/s)

F_{eff} = Fetch gelombang (m)

H_s = Tinggi gelombang signifikan (m)

T_s = Periode signifikan gelombang (s)

2.3.2 Gelombang

$$L_o = 1,56 T_s^2 \quad (6)$$

$$Go = \left(\frac{H_s}{L_o} \right) \cdot (T_g \alpha)^{0,27} \left(\frac{D_{50}}{L_o} \right)^{-0,67} \quad (7)$$

dengan;

Go = Nilai penentu abrasi, akresi, atau seimbang

H_s = Panjang gelombang signifikan (m)

L_o = Panjang gelombang (m)

D_{50} = Nilai medium ukuran butiran ke 50 (mm)

$T_g \alpha$ = Tangen kemiringan tepi pantai (derajat)

Pantai dikategorikan dalam bentuk abrasi, akresi atau mengalami keseimbangan dengan cara memasukkan nilai Go yang telah di dapatkan ke dalam kategori di bawah ini [6] :

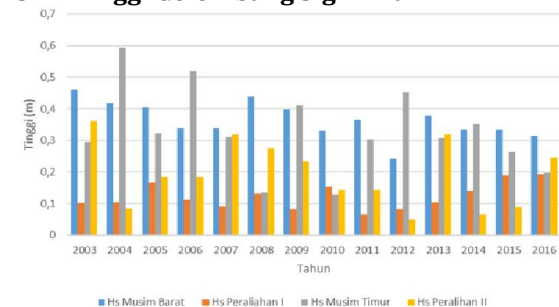
- Jika $Go < 0,0556$ maka pantai di katakan sedang mengalami Abrasi.
- Jika $Go > 0,111$ maka pantai di katakan sedang mengalami Akresi.
- Jika $0,0556 \leq Go \leq 0,111$ maka pantai dalam keadaan Seimbang.

2.4 Analisis Data

Data kecepatan angin digunakan untuk peramalan tinggi gelombang signifikan, periode laut dan panjang gelombang laut. Kemudian untuk menentukan pantai akresi atau abrasi dihitung dengan Persamaan (7) dimana dalam perhitungan tersebut menggunakan data gelombang, data sedimen dan data kemiringan pantai.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Tinggi Gelombang Signifikan



Gambar 3. Histogram Tinggi Gelombang Laut Signifikan

Tabel 1. Arah Gelombang Rata-rata Tahunan pada Empat Musim Berbeda

Tahun	Arah Datang Gelombang Tiap Musim			
	Barat	Peralihan 1	Timur	Peralihan 2
2003	Timur Laut	Timur Laut	Barat Daya	Barat Daya
2004	Timur Laut	Timur Laut	Barat Daya	Barat Daya
2005	Timur Laut	Timur Laut	Barat Daya	Selatan
2006	Timur	Timur Laut	Barat Daya	Barat Daya
2007	Timur	Timur Laut	Barat Daya	Barat Daya
2008	Timur	Timur Laut	Barat Daya	Barat Daya
2009	Timur	Barat Daya	Barat Daya	Barat Daya
2010	Timur Laut	Timur Laut	Barat Daya	Selatan
2011	Timur	Timur	Barat Daya	Barat Daya
2012	Timur	Timur	Barat Daya	Utara
2013	Timur	Timur Laut	Barat Daya	Barat Daya
2014	Timur	Timur Laut	Barat Daya	Utara
2015	Timur Laut	Timur Laut	Barat Daya	Barat Daya
2016	Timur Laut	Timur Laut	Barat Daya	Barat Daya

Dari Gambar 3 dapat dilihat pada musim barat, tinggi gelombang laut signifikan pada umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan musim lainnya. Hal ini disebabkan oleh rata-rata kecepatan anginnya lebih besar dibandingkan musim lainnya. Musim barat arah datang gelombang dari arah timur atau timur laut dikarenakan arah tiupan angin datang dari arah timur atau timur laut. Tinggi maksimum gelombang laut signifikan pada musim barat ini datang dari arah timur laut dan tinggi minimum gelombang laut signifikannya datang dari arah timur. Tahun 2003 kecepatan angin lebih besar dibandingkan pada tahun yang lainnya dan *fetch* dari arah timur laut lebih panjang dari arah timur. Tahun 2012 kecepatan anginnya lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan angin lainnya dan *fetch* dari arah timur lebih pendek dibandingkan dengan dari arah timur laut sehingga mengalami tinggi minimum gelombang laut signifikan.

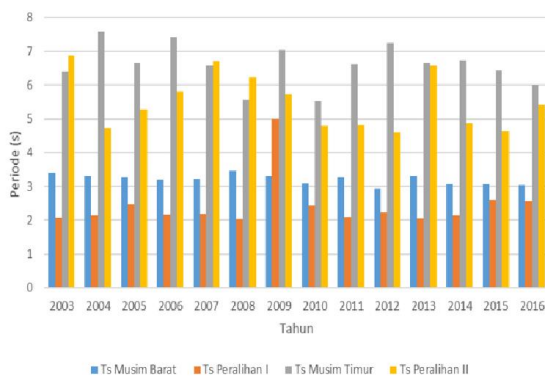
Pada musim peralihan I pada umumnya memiliki arah datang gelombang yang variatif disebabkan oleh peralihan musim hujan ke kemarau, namun arah datang dari timur laut menjadi yang paling dominan. Rata-rata dari tinggi gelombang laut signifikan pada musim peralihan I lebih rendah dibandingkan dengan musim barat, musim timur dan musim peralihan II. Tinggi maksimum gelombang laut signifikan pada musim peralihan I ini datang dari arah timur laut dan tinggi minimum gelombang laut signifikannya datang dari arah timur. Tahun 2016 memiliki kecepatan angin lebih tinggi dibandingkan pada tahun lainnya dan pada musim peralihan I dan mempunyai *fetch* yang lebih panjang sehingga tinggi gelombangnya maksimum pada musim peralihan I. Tahun 2011 memiliki kecepatan angin lebih rendah

dibandingkan pada tahun lainnya pada musim peralihan I dan mempunyai oleh *fetch* yang lebih pendek sehingga tinggi gelombangnya minimum pada musim peralihan I.

Pada musim timur pada umumnya arah datang gelombang dari arah barat daya dikarenakan angin yang bertiup dari arah barat daya di sebelah utara garis equator [7]. Pada musim ini tinggi gelombang sangat variatif dikarenakan kecepatan angin yang bervariasi. Namun *fetch* yang digunakan sama panjangnya di setiap tahun sehingga oleh arah datang gelombangnya hanya satu arah. Tahun 2004 memiliki kecepatan angin yang lebih besar dibandingkan kecepatan angin pada tahun lainnya, sehingga mengalami tinggi gelombang yang maksimum pada musim timur. Tahun 2010 memiliki kecepatan angin yang lebih kecil dibandingkan tahun lainnya, mengalami tinggi gelombang yang minimum pada musim timur.

Pada musim peralihan II pada umumnya memiliki arah datang gelombang yang variatif disebabkan oleh peralihan musim kemarau ke hujan dan arah datang gelombang dari arah barat daya menjadi yang dominan. Tinggi maksimum gelombang laut signifikan pada musim peralihan II datang dari arah barat daya dan tinggi minimum gelombang laut signifikannya datang dari arah utara. Tahun 2003 memiliki kecepatan angin lebih tinggi dibandingkan pada tahun lainnya pada musim peralihan II dan *fetch* yang lebih panjang, sehingga tinggi gelombangnya maksimum pada musim peralihan II. Tahun 2012 memiliki kecepatan angin lebih rendah dibandingkan pada tahun lainnya dan *fetch* yang lebih pendek dari tahun lainnya, sehingga tinggi gelombangnya menjadi minimum pada musim peralihan II.

3.2 Periode Gelombang Laut



Gambar 4. Histogram Periode Gelombang

Dari Gambar 4, pada musim barat periode minimum di musim ini berada pada tahun 2012, hal ini disebabkan oleh panjang *fetch* yang pendek dan kecepatan angin pada tahun ini lebih rendah dibandingkan tahun lainnya. Periode maksimum gelombang laut signifikan di musim ini berada pada tahun 2003, hal ini disebabkan oleh panjang *fetch* yang panjang dan kecepatan angin pada tahun ini lebih tinggi dibandingkan tahun lainnya.

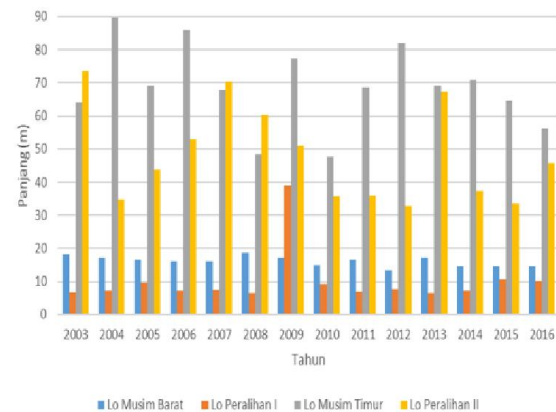
Musim peralihan I periode minimum gelombang laut signifikan di musim ini berada pada tahun 2011, hal ini disebabkan oleh *fetch* yang pendek dan kecepatan angin pada tahun ini lebih rendah dibandingkan tahun lainnya. Periode maksimum gelombang laut signifikan di musim ini berada pada tahun 2009, hal ini disebabkan oleh *fetch* yang panjang dan kecepatan angin pada tahun ini lebih tinggi dibandingkan tahun lainnya.

Musim timur periode minimum gelombang laut signifikan di musim ini berada pada tahun 2010, hal ini disebabkan oleh kecepatan angin pada tahun ini lebih rendah dibandingkan tahun lainnya. Periode maksimum gelombang laut signifikan di musim ini berada pada tahun 2004, hal ini disebabkan oleh dan kecepatan angin pada tahun ini lebih tinggi dibandingkan tahun lainnya. Panjang *fetch* pada musim timur tidak berpengaruh dalam menentukan periode maksimum dan minimum dikarenakan panjang *fetch* di semua tahun pada musim timur sama.

Musim peralihan II periode minimum gelombang laut signifikan di musim ini berada pada tahun 2012, hal ini disebabkan oleh panjang *fetch* pada tahun ini lebih pendek. Periode maksimum gelombang laut signifikan di musim ini berada pada tahun 2003, hal ini disebabkan oleh *fetch* yang panjang dan kecepatan angin pada tahun ini lebih tinggi dibandingkan tahun lainnya.

Berdasarkan ukuran dan penyebabnya, periode gelombang masuk kedalam periode gelombang yang ditimbulkan oleh angin (*seas/wind waves*) karena periodenya berkisar antara 0,20 s.d 9,00 detik [8].

3.3 Panjang Gelombang Laut



Gambar 5. Histogram Panjang Gelombang laut

Dari Gambar 5, pada musim barat panjang minimum di musim ini berada pada tahun 2012, hal ini disebabkan periode gelombang pada tahun ini lebih kecil dibandingkan tahun lainnya. Panjang maksimum gelombang laut di musim ini berada pada tahun 2003, hal ini disebabkan periode gelombang pada tahun ini lebih lama dibandingkan tahun lainnya.

Musim peralihan I panjang minimum gelombang laut di musim ini berada pada tahun 2011, hal ini disebabkan periode gelombang pada tahun ini lebih kecil dibandingkan tahun lainnya. Panjang maksimum gelombang laut di musim ini berada pada tahun 2009, hal ini disebabkan periode gelombang pada tahun ini lebih lama dibandingkan tahun lainnya.

Musim timur panjang minimum gelombang laut di musim ini berada pada tahun 2010, hal ini disebabkan periode gelombang pada tahun ini lebih kecil dibandingkan tahun lainnya. Panjang maksimum gelombang laut di musim ini berada pada tahun 2004, hal ini disebabkan periode gelombang pada tahun ini lebih lama dibandingkan tahun lainnya.

Musim peralihan II panjang minimum gelombang laut di musim ini berada pada tahun 2012, hal ini disebabkan periode gelombang pada tahun ini lebih kecil dibandingkan tahun lainnya. Panjang maksimum gelombang laut di musim ini berada pada tahun 2003, hal ini disebabkan periode gelombang pada tahun ini lebih lama dibandingkan tahun lainnya.

Berdasarkan ukuran dan penyebabnya panjang gelombang masuk kedalam panjang gelombang yang ditimbulkan oleh angin

(*seas/wind waves*) karena panjangnya tidak lebih dari 130 m [8].

3.4 Kemiringan Pantai Sungai Duri

Kemiringan pantai di Sungai Duri berkisar antara $5,35^\circ$ s.d $10,20^\circ$ dengan rata-rata sudut $6,76^\circ$. Hal tersebut menunjukkan bahwa pantai di Sungai Duri merupakan pantai yang landai, hal ini sesuai dengan pernyataan yang menyatakan bahwa kelerengan pantai normal antara $0,01$ ($0,50^\circ$) hingga $0,2$ (110°) yang termasuk pantai landai, dan $\geq 0,5$ (260°) yang termasuk pada pantai curam [9]. Pada penelitian ini data yang digunakan adalah rata-rata kemiringan pantai sehingga data yang digunakan sudut rata-rata sebesar $6,76^\circ$ dengan nilai sebesar $0,118$.

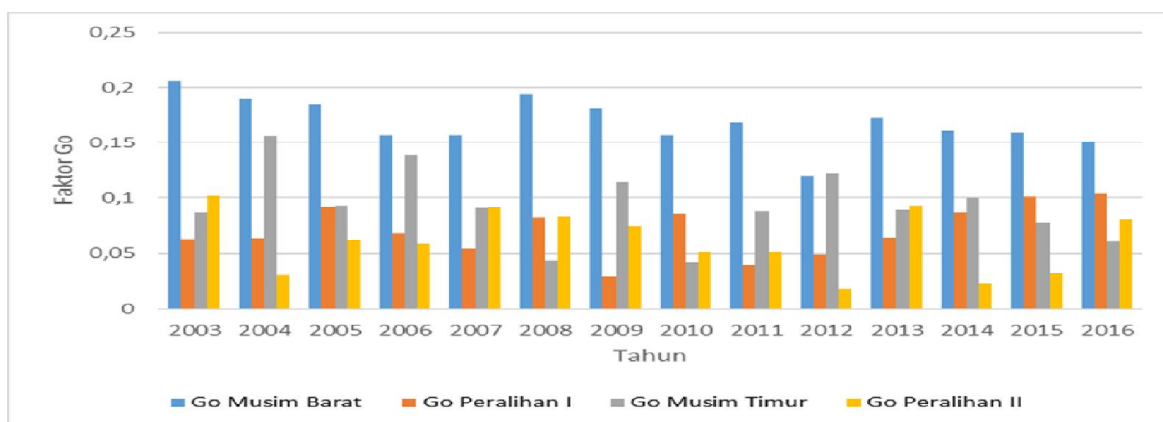
3.5 Faktor Penentu Perubahan Garis Pantai

Pada musim barat dapat dilihat bahwa faktor penentu perubahan garis pantai terkecil berada pada tahun 2012 sebesar $0,1194$ mengalami proses akresi dan faktor penentu perubahan garis pantai terbesar berada pada tahun 2003 sebesar $0,2054$ dengan mengalami proses akresi. Pada tahun 2003 hingga 2016 mengalami proses akresi, hal ini disebabkan oleh faktor tinggi gelombang laut signifikan dan panjang gelombang laut pada musim ini yang cukup tinggi dan panjang.

Musim peralihan I dapat dilihat bahwa faktor penentu perubahan garis pantai terkecil berada pada tahun 2009 sebesar $0,0286$ dengan mengalami proses abrasi dan faktor penentu perubahan garis pantai terbesar berada pada tahun 2016 sebesar $0,1041$ keadaan pantai yang seimbang. Pada tahun 2003 hingga 2016 mengalami keseimbangan perubahan. Pada tahun 2007, 2009, 2011 dan 2012 mengalami proses abrasi. Penyebab terjadinya abrasi di musim ini akibat tinggi gelombang laut signifikan pada tahun 2007, 2009, 2011 dan

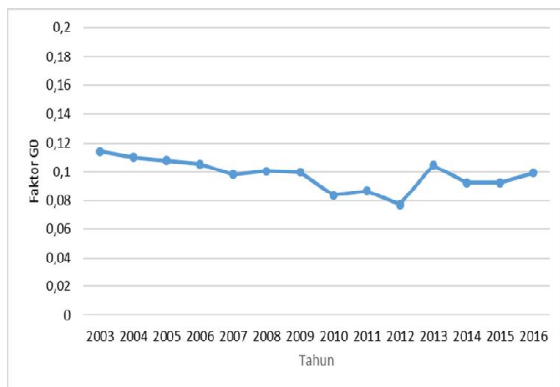
2012 lebih rendah dibandingkan tahun lainnya, dan pada tahun lainnya tidak mengalami perubahan garis pantai disebabkan oleh tinggi gelombang laut signifikan yang lebih tinggi dibandingkan tahun 2003 hingga 2016, namun tinggi gelombang laut signifikan tidak cukup tinggi untuk mengalami proses akresi. erupakan yang paling kecil.

Musim timur dapat dilihat bahwa faktor penentu perubahan garis pantai terkecil berada pada tahun 2010 sebesar $0,0421$ dengan mengalami proses abrasi dan faktor penentu perubahan garis pantai terbesar berada pada tahun 2004 sebesar $0,1565$ dengan mengalami proses akresi. Pada tahun 2003 hingga 2016 tidak mengalami perubahan. Pada tahun 2004, 2006, 2009 dan 2012 mengalami proses akresi. Penyebab terjadinya akresi di musim timur ini akibat tinggi gelombang laut signifikan pada tahun 2004, 2006, 2009 dan 2012 lebih tinggi dibandingkan tahun lainnya, dan pada tahun lainnya mengalami perubahan garis pantai yang seimbang dan ada juga yang mengalami proses abrasi karena disebabkan oleh tinggi gelombang laut signifikan yang tidak lebih tinggi dibandingkan tahun 2004, 2006, 2009 dan 2012. Musim peralihan II dapat dilihat bahwa faktor penentu perubahan garis pantai terkecil berada pada tahun 2012 sebesar $0,0182$ dengan mengalami proses abrasi dan faktor penentu perubahan garis pantai terbesar berada pada tahun 2003 sebesar $0,1017$ dengan mengalami proses keadaan pantai yang seimbang. Pada tahun 2003 hingga 2016 mengalami keseimbangan perubahan. Pada tahun 2004, 2010, 2011, 2012, 2014 dan 2015 mengalami proses abrasi.



Gambar 6. Grafik Faktor Penentu Perubahan Garis Pantai Perairan Sungai Duri

3.6 Faktor Penentu Perubahan Garis Pantai Tahunan Rata-rata Musim



Gambar 6. Grafik Faktor Penentu Perubahan Garis Pantai Rata-rata Tahun

Rata-rata pertahun dapat dilihat bahwa faktor penentu perubahan garis pantai terkecil berada pada tahun 2012 sebesar 0,080 dengan tidak mengalami perubahan dan faktor penentu perubahan garis pantai terbesar berada di tahun 2003 sebesar 0,0773 dengan mengalami proses akresi. Hanya pada tahun 2003 yang mengalami akresi dan pada tahun lainnya tidak mengalami perubahan garis pantai. Hal ini disebabkan faktor penentu perubahan garis pantai pada tahun 2003 ketika dirata-ratakan dari setiap musim mengalami akresi. Proses terjadinya perubahan garis pantai sangat dipengaruhi pada daerah sekitar pantai [10], dimana pantai selalu beradaptasi dengan berbagai kondisi yang terjadi [11]. Pada umumnya, perubahan garis pantai di Indonesia di pengaruhi perubahan morfologi pantai, yang salah satunya disebabkan oleh dinamika gelombang yang berinteraksi dengan sedimen [12].

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukan bahwa tinggi gelombang signifikan berkisar antara 0,04 m s.d 0,5 m, tinggi gelombang terendah berada pada tahun 2012 musim peralihan II dan tinggi gelombang tertinggi berada pada tahun 2004 musim timur. Arah datang dominan gelombang pada musim barat datang dari timur, arah datang dominan gelombang pada musim peralihan I datang dari timur laut, arah datang dominan gelombang pada musim timur datang dari barat daya dan arah datang dominan gelombang pada musim peralihan II datang dari arah barat daya. Sedangkan hasil perhitungan di lokasi yang sama menunjukan bahwa pada tahun 2003 mengalami akresi dan pada tahun 2004 hingga 2016 pantai mengalami keseimbangan perubahan garis pantai.

Daftar Pustaka

- [1] WWF-Indonesia. World Wide Fund of Nature. [Online].; 2009 [cited 2016 June 20. Available from: <http://www.wwf.or.id/>.
- [2] Safitri LE, Jumarang MI, Apriansyah. Studi Potensi Energi Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Oscillating Water Column (OWC) Di Perairan Pesisir Kalimantan Barat. Positron. 2016; VI(1): p. 8-16.
- [3] Anggraini TZ, Jumarang MI, A. Analisis Material Sedimen Perairan Pesisir Pantai Sungai Duri Kabupaten Bengkayang. Prisma Fisika. 2016; 4(I); p. 41-44.
- [4] Google Earth. [Online]. [cited 2016 Juni 20. Available from: <https://www.google.co.id/maps/place/Duri+River,+Raya+River,+Bengkayang+Regency,+West+Kalimantan/>.
- [5] Nugroho. Studi Profil Pantai Di Pulau Parang Kepulauan Karimunjawa Jepara. Jurnal Oseanografi. 2014; 3: p. 165.
- [6] Horikawa K. Nearshore Dynamics and Coastal Processes In Japan: University of Tokyo press; 1988.
- [7] Benyamen. Dasar-Dasar Klimatologi Jakarta: PT. Raya Grifindo Persada; 2002.
- [8] Pond S, Pickard GL. Intoductory Dynamical Oceanography: Elsevier ; 2013.
- [9] Pethick J. An Introduction To Coastal Geomorphology: Dept. of Geography University of Hull; 1984.
- [10] Triadmojo B. Teknik Pantai Yogyakarta: Beta Offset; 1999.
- [11] Moller I, Spencer T, French JR, Leggett DJ, Dixon M. Wave Transformation Over Salt Marshes; a Field and Numerical Modelling Study From North Norfolk England: Estuarine Coastal and Shelf Science; 1999.
- [12] Yuwono N. Teknik Pantai Volume 1 Yogyakarta; 1982.